



## DECKBLATT

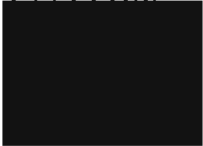

	Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
	N A A N	N N N N N N N N N N	N N N N N N	X A A X X	A A	N N N N	N N
EU 075.3	9K	3174.31	---	GB	RB	0003	00

Titel der Unterlage: Felsmechanische Gesteinsparameter: Durchführung felsmechanischer Laboruntersuchungen (Bestimmung einaxialer/biaxialer festigkeitsmechanischer Gesteinsparameter)	Seite: I.
	Stand: 30.06.85

Ersteller:  GSF	Textnummer:
-----------------------	-------------

Stempelfeld:

PSP-Element TP...9K/2122414	zu Plan-Kapitel: 3.1.9.7
-----------------------------	--------------------------

	PL 21.11.86  Freigabe für Behörden	PL 21.11.86  Freigabe im Projekt
--	---	--

Diese Unterlage unterliegt samt Inhalt dem Schutz des Urheberrechts sowie der Pflicht zur vertraulichen Behandlung auch bei Beförderung und Vernichtung und darf vom Empfänger nur auftragsbezogen genutzt, vervielfältigt und Dritten zugänglich gemacht werden. Eine andere Verwendung und Weitergabe bedarf der ausdrücklichen Zustimmung der PTB.

# Revisionsblatt



EU 075-3	Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
	N A A N	N N N N N N N N N N	N N N N N N	X A A X X	A A	N N N N	N N
	9K	3174.31	---	GB	RB	0003	00

Titel der Unterlage: Felsmechanische Gesteinsparameter: Durchführung felsmechanischer Laboruntersuchungen (Bestimmung einaxialer/Biaxialer festigkeitsmechanischer Gesteinsparameter)	Seite:
	II.
	Stand: 30.06.85

Rev.	Revisionsst. Datum	verant. Stelle	Gegenzeichn. Name	rev. Seite	Kat. *)	Erläuterung der Revision

\*) Kategorie R = redaktionelle Korrektur  
 Kategorie V = verdeutlichende Verbesserung  
 Kategorie S = substantielle Änderung  
 Mindestens bei der Kategorie S müssen Erläuterungen angegeben werden.

LV-Nr. 2219.12

AP-Nr. 2

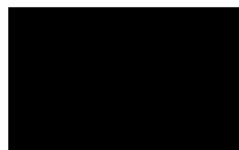
Auftragnehmer: Gesellschaft für Strahlen- und Umwelt-  
forschung mbH (GSF) München,  
Institut für Tieflagerung

Titel: Felsmechanische Gesteinsparameter  
Teilaufgabe 2219.12  
Arbeitspaket Nr. 2  
Durchführung felsmechanischer Labor-  
untersuchungen (Bestimmung einaxialer/  
biaxialer festigkeitsmechanischer  
Gesteinsparameter)

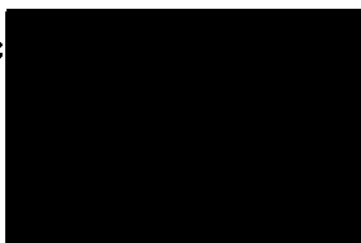
Vorhabensleiter:



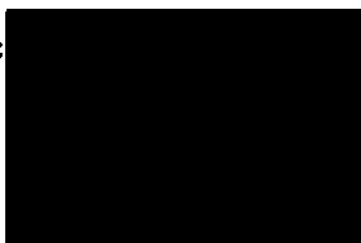
Versuchsdurchführung:



Versuchsbeschreibung:



Berichterstattung:



Braunschweig, den 30.06.1985

Der Bericht wurde im Auftrag der Physikalisch-Technischen  
Bundesanstalt (PTB) erstellt. Die PTB behält sich alle  
Rechte vor. Insbesondere darf dieser Bericht nur mit Zu-  
stimmung der PTB zitiert, ganz oder teilweise vervielfältigt  
bzw. Dritten zugänglich gemacht werden.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung
2. Versuchsprogramm
3. Versuchstechnik
  - 3.1 Ultraschall-Laufzeitmessungen
  - 3.2 Einaxiale Druckversuche
  - 3.3 Spaltzugversuche
  - 3.4 Torsionsversuche
  - 3.5 Einaxiale Druck-Kriechversuche
  - 3.6 Zusätzlich aufgenommene Untersuchungen
4. Tabellarische Zusammenstellung der Meßergebnisse
5. Literatur
6. Verzeichnis der Anlagen

## 1. Einleitung

Im Rahmen des Projektes Endlager Konrad wurden gemäß dem Strukturplan Nr. 2219.12, Arbeitspaket Nr. 2, im Institut für Tieflagerung der GSF felsmechanische Laboruntersuchungen durchgeführt. Da das ehemals vereinbarte Untersuchungsprogramm (siehe Arbeitspaketbeschreibung vom 13.10.1983) zwischenzeitlich aufgrund der fortschreitenden Erkenntnisse in Abstimmung mit PTB und BGR abgewandelt wurde, wird unter Pkt. 2 des Versuchsprogramms erläutert, wie es zur Ausführung gekommen ist.

Der vorliegende Bericht stellt die Bearbeitung des AP 2 zu TA 2219.12 mit den vorliegenden und ausgewerteten Untersuchungsergebnissen dar.

In diesem Bericht nicht enthalten sind die Ergebnisse der einaxialen Druckkriechversuche. Die Auswertung ist im AP 3 vorgesehen.

## 2. Versuchsprogramm

Die im Institut für Tieflagerung in Braunschweig durchgeführten Laboruntersuchungen enthielten im einzelnen:

1. Ultraschall-Laufzeitmessungen an allen Prüfkörpern zur Bestimmung der dynamisch-elastischen Kennwerte:  
Elastizitätsmodul E  
Schubmodul G  
Querdehnungszahl  $\nu$
2. Wegeregelte einaxiale Druckversuche mit den Weggeschwindigkeiten:  $v = 1$  mm/min bzw.  $v = 0,01$  mm/min zur Bestimmung der Bruchspannung  $\sigma_D$ , der Bruchdehnung  $\epsilon$  und des Elastizitätsmoduls  $E_D$ . Diese beiden Druckversuche unterschiedlicher Geschwindigkeit wurden nach Möglichkeit an mindestens je drei Prüfkörpern pro petrographische Einheit durchgeführt.
3. Spaltzugversuche zur Bestimmung der Spaltzugfestigkeit  $\sigma_{sz}$  an nach Möglichkeit an mindestens zwei Prüfkörpern pro petrographische Einheit.
4. Torsionsversuche zur Bestimmung der Bruchfestigkeit  $\tau$  unter biaxialer Belastung (gleichgroße Druck- und Zugbelastung) und zur Ermittlung des Schubmoduls G an nach Möglichkeit mindestens zwei Prüfkörpern pro petrographische Einheit.
5. Kriechuntersuchungen unter konstanter einaxialer Druckbelastung zur Ermittlung des zeitabhängigen festigkeitsmechanischen Verhaltens wurden begonnen, da viskoelastisches Verhalten nicht ausgeschlossen werden konnte.

6. Da teilweise keine Bohrkerne gewonnen werden konnten, die für die herkömmliche Prüfkörperpräparation geeignet waren, wurden Untersuchungen durchgeführt, ob und wie auf andere Weise Prüfkörper gewonnen werden könnten (siehe Vermerk vom 25.01.1985, siehe Anlage 1).

Das dargestellte Versuchsprogramm weicht geringfügig von dem im Arbeitspaket 2 ursprünglich vorgesehenen ab. Mit Fortschreiten der Untersuchungen ergab sich hierfür die Notwendigkeit. Die Abweichungen sind - genauso wie zuvor das schriftlich fixierte Untersuchungsprogramm - mit der BGR abgesprochen.



### 3. Versuchstechnik

Im Arbeitspaket Nr. 2 wurden keine exakten Vereinbarungen bezüglich der Versuchstechnik bzw. der Versuchsauswertung getroffen. Da die durchgeführten Versuche nicht streng genormt sind, so daß jedem Experimentator noch ein Freiraum für seine Versuchstechnik bleibt, werden im folgenden die verwendeten Prüfmaschinen sowie die Art und Weise der Versuchsdurchführung beschrieben.

#### 3.1 Dichtebestimmungen

Die Bestimmung der Gesteinsdichte  $\rho$  erfolgte nach der Beziehung:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad [\text{kg/m}^3]$$

mit  $m$  = Masse des Prüfkörpers [kg]  
 $V$  = Volumen des Prüfkörpers [ $\text{m}^3$ ]

Die Massen der Prüfkörper wurden auf einer Präzisionswaage der Fa. Mettler bestimmt. Die Volumina wurden über mehrfaches Ausmessen von Durchmesser und Länge an verschiedenen Stellen der Prüfkörper mittels Schieblehre und Meßständer rechnerisch ermittelt.

#### 3.2 Ultraschall-Laufzeitmessungen

Die Ultraschall-Laufzeitmessungen wurden mit einer Apparatur der Firma KLN-Ultraschallgesellschaft mbH, Heppenheim/Bergstraße, durchgeführt. Die Empfehlung des Geräteherstellers, die Laufzeitmessungen zwischen dem ersten und zweiten Echo durchzuführen, kann bei Gestein im allgemeinen nicht einge-

halten werden. Deswegen mußte zwischen Schallsender und erstem Echo gemessen werden. Bei dieser Art der Messung addiert sich zur eigentlichen Schalllaufzeit eine konstante Einschwingzeit, d.h., bei großen Weglängen werden höhere Geschwindigkeiten als bei kleinen Weglängen gemessen.

Dieser Fehler liegt je nach Größe des zu durchschallenden Objektes im Bereich von ca.  $\leq 5 \%$ . Durch Kalibrierung der Laufzeitmeßeinrichtung mittels unterschiedlicher Stahlkörper, deren Schallgeschwindigkeiten und -laufzeiten bekannt sind, wird der Fehler auf vernachlässigbare Größe reduziert.

Nach Herstellerangaben muß auch bei Messungen unter günstigen Bedingungen - d.h. z.B. bei Messungen an Metallen - mit einem Fehler von ca.  $\pm 1 \%$  gerechnet werden. Dieser Fehler vergrößert sich bei Gestein, weil aufgrund stärkerer Dämpfung und durch Reflexionen an Schichtgrenzen die Meßsignale nicht immer einwandfrei ablesbar sind.

Die Frequenz der Ultraschallwellen liegt im Bereich von etwa 1 bis 2 MHz. Bei den Schallgeschwindigkeiten an untersuchten Gesteinen liegt also die Wellenlänge mit  $\lambda \leq 5$  mm bei etwa 1/10 bis 1/20 der Prüfkörperabmessung ( $D = 50$  mm,  $L = 50$  oder 100 mm). Für die Berechnung der dynamisch-elastischen Konstanten E, G und  $\nu$  werden deswegen die Beziehungen verwendet, die für  $\lambda \ll$  Prüfkörperabmessung gelten.

Es können also mit hinreichender Genauigkeit die folgenden Formeln angewendet werden:

Für die Querdehnungszahl:

$$\nu = \frac{\frac{C_L^2}{2} - C_T^2}{C_L^2 - C_T^2} \quad [-]$$

mit  $C_L$  = Longitudinalwellengeschwindigkeit [m/s] und

mit  $C_T$  = Transversalwellengeschwindigkeit [m/s].

Für den E-Modul:

$$E = \frac{C_L^2 \cdot \rho}{K^2} \quad [\text{Pa}]$$

mit  $K^2 = \frac{1-\nu}{(1+\nu) \cdot (1-2\nu)} \quad [-]$

und mit  $\rho$  = Dichte [kg/m<sup>3</sup>]

Für den Schubmodul:

$$G = C_T^2 \cdot \rho \quad [\text{Pa}]$$

Von den hergestellten Prüfkörpern wurden, bis auf die für Torsionsversuche vorgesehenen, alle Proben einer Ultraschallaufzeitmessung unterzogen.

Die Messungen erfolgten in der Regel in axialer Richtung, wobei jeweils drei Einzelmessungen durchgeführt und die Wellengeschwindigkeiten als Mittelwert bestimmt wurden.

In radialer Richtung wurden solche Proben untersucht, bei denen in axialer Richtung kein Meßsignal empfangen werden konnte. Die radialen Messungen wurden in der Regel an drei Probenquerschnitten mit jeweils drei Einzelmessungen durchgeführt. Die bestimmten Wellengeschwindigkeiten ergeben sich wiederum aus dem Mittel aller Einzelmessungen.

Die Genauigkeiten der ermittelten Ultraschallgeschwindigkeiten (siehe Anlage 4) liegen erfahrungsgemäß bei  $\pm 50$  m/s.

### 3.3 Einaxiale Druckversuche

Die einaxialen Druckversuche wurden wegen eines Defektes an der Einaxial-Druckprüfmaschine in der institutseigenen Triaxial-Prüfmaschine (Karman'sches Prinzip) durchgeführt, wobei das Manteldrucksystem außer Funktion blieb.

Die Maschine hat einen Kraftbereich von 0 bis 1600 KN, der in 5 Bereiche aufgeteilt ist. Die Kraftmessung erfolgt mittels einer Druckdose. Die Wegmessung wird mittels induktiver Wegmesser außerhalb der Druckzelle am Maschinengerüst (Stempel-Druckzelle) durchgeführt. Bei kleinen Wegen und großen Lasten wird deswegen der Meßwert um die Maschinen-  
dehnung reduziert. Der Korrekturwert wurde an Metall-Prüfzylindern bekannter elastischer Eigenschaften als Funktion der Belastung ermittelt.

Auf diese Weise lassen sich sowohl für die Kraft- als auch für die Wegmessung die Anforderungen der Genauigkeitsklasse 1 mit der genannten Prüfmaschine erfüllen. Gemäß Vereinbarung mit der BGR wurden die einaxialen Kurzzeit-Druckversuche weggeregelt gefahren (Weggeschwindigkeit:  
 $v = 1$  mm/min, bzw.  $v = 0,01$  mm/min). Die untersuchten Gesteinszylinder hatten die Abmessungen: 50 mm Durchmesser und 100 mm Länge. Die Versuchstemperatur lag bei ca. 20°C.

Für die Ermittlung der in Anlage 3 angegebenen statischen E-Moduli wurde aus den Versuchsergebnissen der einaxialen Druckversuche der Entlastungsast gewählt. Zur Berechnung der E-Moduli wurde der lineare Abschnitt dieses Entlastungsastes herangezogen, wobei der Entlastungszyklus bei ca. 50 % der Bruchlast eingeschaltet wurde.

### 3.4 Spaltzugversuche

Die Spaltzugfestigkeitsuntersuchungen wurden mit der 10 Mp-Druck-Zug-Prüfmaschine der Firma Amsler durchgeführt. Die Maschine hat die Genauigkeitsklasse 1. Die Gesteins-Prüfzylinder mit  $D = 50$  mm Durchmesser und  $H = 50$  mm Länge wurden mit einer Belastungsgeschwindigkeit von  $v \approx 1$  MPa/min belastet.

Die Krafteinleitung erfolgte über einen Durchmesser der Prüfkörper mittels planer Druckplatten über eine Sperrholzzwischenlage (fünffach verleimtes Birkensperrholz, Stärke 1,5 mm, Außenfasern parallel zur Prüfkörperlängsachse). Bei Spaltzugversuchen im Vergleich zu einaxialen Zugversuchen konnte für Steinsalz mit der genannten Krafteinleitung die beste Übereinstimmung zwischen Spaltzugfestigkeit und einaxialer Zugfestigkeit erreicht werden [1].

Die Verknüpfung zwischen eingeleiteter Druckkraft  $F$  beim Bruch des Prüfkörpers und der Spaltzugfestigkeit  $\sigma_{sz}$  wurde nach der folgenden bekannten Beziehung ermittelt:

$$\sigma_{sz} = \frac{2 \cdot F}{\pi \cdot D \cdot H} \quad [\text{MPa}]$$

mit

$F$	=	Druckkraft [MN]
$D$	=	Probendurchmesser [m]
$H$	=	Probenlänge [m]

### 3.5 Torsionsversuche

Mit einer selbst konzipierten und gebauten Torsionsprüfmaschine wurde an Prüfkörpern mit 50 mm Durchmesser und 100 mm Länge Torsionsversuche durchgeführt. Eine genauere Beschreibung des Prüfstandes sowie der theoretischen Hintergründe ist bei Gessler 1984 [2] zu finden. Das für die Versuche verwendete Versuchsgerät erfüllt die Anforderungen der Genauigkeitsklasse 1.

Die Prüfkörper wurden mit einer Geschwindigkeit von  $\dot{M} = 15 \text{ Nm/min}$  bzw.  $\dot{\tau} = 0,6 \text{ MPa/min}$  bis zum Bruch belastet. Das belastende Moment wird durch ein zeitlich veränderbares Gewicht über einen Hebel konstanter Länge erzeugt. Die Erfassung des Torsionsmomentes erfolgt mittels Dehnungsmeßstreifen (DMS) durch die Verdrillungsmessung eines Aluminiumzylinders, der in Reihe mit dem Prüfkörper liegt und dessen elastische Eigenschaften bekannt sind.

Die DMS messen im Winkel von  $\pm 45^\circ$  zur Zylinderlängsachse die Dehnung  $\epsilon_z$  aufgrund der Hauptnormal-Zugspannung  $\sigma_z$  bzw. die Stauchung  $\epsilon_D$  aufgrund der Hauptnormal-Bruchspannung  $\sigma_D$ .

Über das Hook'sche Gesetz werden daraus die Normalspannungen berechnet:

$$\sigma_z = \frac{E}{1+\nu} \cdot \epsilon_z \quad [\text{MPa}] \quad (\text{Hauptnormal-Zugspannung})$$

$$\sigma_D = \frac{E}{1+\nu} \cdot \epsilon_D \quad [\text{MPa}] \quad (\text{Hauptnormal-Druckspannung})$$

Durch Hauptachsentransformation ergibt sich daraus die Scherspannung im Außenrandbereich der Zylinderquerschnitte:

$$\tau = \sigma_z = \sigma_D \quad [\text{MPa}]$$

bzw. das Torsionsmoment  $M$

$$M = \tau \cdot W_p \quad [\text{MNm}]$$

Dabei ist  $W_p$  [m<sup>3</sup>] das polare Widerstandsmoment des Aluminiumzylinders

Durch entsprechende Kalibrierung ist dann also die Widerstandsänderung der DMS direkt mittels Zeitschreiber bzw. x y Schreiber als Torsionsmoment- bzw. Scherspannungsverlauf darstellbar.

Die Dehnungsmessungen am Prüfkörper erfolgen in der gleichen Weise. Durch Transformation des gemessenen Verzerrungstensors werden dann die Scherungen  $\gamma$  am Außenrand des Prüfkörpers berechnet. Es ergibt sich:

$$\gamma = 2 \cdot |\epsilon_z| = 2 \cdot |\epsilon_D| \quad [-]$$

Gesteinsprüfkörper versagen im Torsionsversuch im allgemeinen durch einen Zugbruch.

Das bedeutet, vor Erreichen des Zug-Bruches nimmt die Zugdehnung  $\epsilon_z$  in stärkerem Maß zu als die Druckdehnung  $\epsilon_D$ , weil in der Zugbelastungsrichtung die plastischen Verformungsanteile stark ansteigen. Aus diesem Grund gilt die obige Beziehung im Bereich vor dem Bruch des Prüfkörpers nicht mehr. Statt dessen wird daher die Scherung als Mittelwert beider Dehnungen berechnet.

$$\gamma = |\epsilon_z| + |\epsilon_D| \quad [-]$$

Aus der Scherspannung  $\tau$  und der zugehörigen Scherung  $\gamma$  läßt sich über das Hooksche Gesetz der Schubmodul  $G$  wie folgt berechnen:

$$G = \frac{\tau}{\gamma} \quad [\text{Pa}]$$

Hinweis: Bei allen einaxialen Druckversuchen und besonders bei allen triaxialen Druckversuchen gelten die elastischen Grundgleichungen der technischen Mechanik im Bereich in der Nähe des Bruches bzw. des Versagens nicht mehr. Trotzdem werden Ansätze, die nur für rein elastisches Verfahren Gültigkeit haben, für die Auswertung verwendet.

### 3.6 Einaxiale Druck-Kriechversuche

Die Druck-Kriechversuche, die schließlich noch aufgenommen wurden, da visko-elastisches Verhalten nicht ausgeschlossen werden konnte, wurden in einem Prüfstand der Firma Freundl durchgeführt.

In dieser Anlage werden zwei übereinander angeordnete Prüfkörper durch einen Druckzylinder belastet. Aufgrund des Eigengewichtes des Verbindungsmechanismus zwischen den beiden Prüfkörpern von ca. 1 KN sind die beiden Prüfkörper unterschiedlich belastet [3].

Bei den vorliegenden Prüfkörperabmessungen von 50 mm Durchmesser wird der obere Prüfkörper um etwa 0,5 MPa weniger stark belastet als der untere.

Die Druckerzeugungsanlage des Dauerstandes erfüllt die Genauigkeitsklasse 1. Die Temperatur in den Prüfkörpern kann zeitlich und örtlich besser als  $\pm 1^\circ\text{C}$  konstant gehalten werden, wobei die Raumtemperatur konstant  $28^\circ\text{C}$  beträgt.

Die Längenänderung der Prüfkörper wird mit jeweils drei induktiven Wegaufnehmern am Maschinengerüst gemessen. Da die Prüfmaschine in einem klimatisierten Raum steht, können Fehler durch Dehnung des Maschinengerüsts aufgrund von Temperaturschwankungen vernachlässigt werden.



### 3.7 Zusätzlich aufgenommene Laboruntersuchungen

Aus einem Teil des erbohrten Kernmaterials konnten mit den üblichen Methoden keine Prüfkörper gewonnen werden. Die Bohrkerne waren völlig zerrüttet, so daß nur ein Gemenge mit einer Körnung von etwa 10 bis 30 mm vorlag.

Die Möglichkeit, wesentlich kleinere Prüfkörper auf herkömmliche Art herzustellen, d.h., spanende Bearbeitung auf einer Drehbank, wurde verworfen. Daher wurde versucht, in einem längs-teilbaren Drucktopf aus dem Gesteinsgemenge durch Konsolidierung Prüfkörper herzustellen.

Bei Drücken, die etwa dem Teufendruck der Herkunft der Bohrkerne entsprachen, ca. 15 bis 20 MPa, war dieses nicht möglich. Erst bei Drücken im Bereich von 80 bis 100 MPa entstanden einigermaßen feste Gesteinszylinder, die für einaxiale Druckversuche geeignet erschienen.

Für Karman'sche Triaxial-Versuche kamen die "künstlichen" Gesteinszylinder nicht in Frage, da ihre Oberfläche so rissig war, daß die Schutzschläuche für das Oel in der Druckkammer im Versuch zerstört worden wären.

Außerdem mußte diese Art der Prüfkörperherstellung wegen der hohen Konsolidierungsspannungen, die um ein Vielfaches über den in situ-Spannungen lagen, verworfen werden.

Nachdem Versuche zur Präparation von Probekörpern ( $\emptyset$  50 mm) aus Kernstrecken mit größerem Bohrdurchmesser auf herkömmliche Weise auf der Drehbank gescheitert waren, wurde versucht, aus in Epoxidharz eingebetteten Bohrkern-teilstücken Probekörper herauszubohren. Dies war insbesondere zur Gewinnung von Probekörpern aus der Zusatzbohrung 3/140 notwendig.

Die Epoxidharzeinbettung diente lediglich der besseren Handhabbarkeit und der Stabilisierung bzw. Fixierung des Bohrkernstückes, aus dem dann in ausreichend sicherem Abstand von Ummantelung (Epoxidharz) ein Prüfkörper herausgebohrt wurde. Ein Einfluß der Einbettung auf Festigkeits-Kennwerte war somit nicht gegeben.

Insgesamt wurden 8 Proben auf diese Art gewonnen. Es handelt sich dabei um folgende in diesem Bericht (siehe Anlagen) angegebenen Probekörper aus der Bohrung 3/140:

- 1.) 3/140/001/F3.1
- 2.) 3/140/001/F3.3A
- 3.) 3/140/001/F3.3B
- 4.) 3/140/002/F2
- 5.) 3/140/002/F3.1A
- 6.) 3/140/002/F3.1B
- 7.) 3/140/002/F3.2A
- 8.) 3/140/002/F3.2B

#### 4. Tabellarische Zusammenstellung der Meßergebnisse

Die vorliegenden und ausgewerteten Meßergebnisse der Laboruntersuchungen sind in den Anlage 3 und 4 tabellarisch zusammengestellt. Die Ergebnisse von einaxialen Druckkriechversuchen werden im AP 3 zu dieser Teilaufgabe angegeben.

Anlage 3 enthält tabellarisch die Meßergebnisse für sämtliche Einzelproben (insgesamt 216 Proben).

Anlage 4 enthält tabellarisch die Zusammenfassung der Einzelergebnisse (Mittelwerte) für die aus den einzelnen Bohrungen ausgewählten Probenahmepunkte (siehe dazu TA 2219.12, Arbeitspaket Nr. 1).

5. Literatur

- [1] Gessler, K. (1983): Vergleich der einaxialen Zugfestigkeit mit der Drei-Punkt-Biegezugfestigkeit und unterschiedlichen Spaltzugfestigkeiten  
Kali und Steinsalz, Bd. 8, Heft 12
  
- [2] Gessler, K. (1984): Torsionsversuche an Steinsalz  
Kali und Steinsalz, Bd. 9, Heft 3
  
- [3] Gessler, K. (1979): 1. Genauigkeitsprüfung der Dauerprüfstände  
2. Festigkeits- und Verformungsanisotropie von Asse-Steinsalz  
Institut für Tieflagerung der GSF  
Abteilungsbericht 2/81

6. Verzeichnis der Anlagen

Anlage 1: Aktenvermerk der GSF vom 25.01.1985

Anlage 2: Zuordnung der untersuchten Prüfkörper zu petrographischen Einheiten

Anlage 3: Einzelergebnisse der felsmechanischen Laboruntersuchungen

Anlage 4: Zusammenfassung der felsmechanischen Laboruntersuchungen für die in den Bohrungen ausgewählten Probenahmepur.

Anlage 5: Zusammenstellung der bei den Laborversuchen aufgetretenen Besonderheiten

Anlage 1

2 Seiten

Aktenvermerk der GSF vom 25.01.1985

**gsf**

## Vermerk

TA 2219.12, Arbeitspaket 2  
Felsmechanische Gesteinsparameter

Gemäß Kostenblatt zur Arbeitspaketbeschreibung des o.a. Arbeitspaketes vom 13.10.1983 sind von der GSF die Personalkosten per 31.12.1984 um DM 29.763,14 überschritten worden. Die Gründe für die Überschreitung sind folgende:

1. Statt der geplanten 120 felsmechanischen Versuche wurden 210 Versuche durchgeführt, um bessere statistische und sicherere Aussagen über das Materialverhalten geben zu können.
2. Ein Teil des Kernmaterials war extrem schlecht, so daß auf herkömmliche Weise keine Prüfkörper präpariert werden konnten.
  - 2.1 Für die Verfestigung von lockerem Haufwerk zu Zylinderproben wurde ein teilbarer Drucktopf entwickelt und gebaut (bis ca. 1000 bar druckfest).  
Kompaktierungsversuche bei 100, 200, 500 und ca. 1000 bar mit anschließender Festigkeitsprüfung wurden durchgeführt.
  - 2.2 Kernmaterial, das bei der herkömmlichen Präparation mit der Drehbank zerbrach, wurde in Vorversuchen in Epoxidharz eingegossen, so daß mit einer Kernbohrmaschine aus dem ummantelten Gesteinsstück herausgebohrt werden kann.

Gemäß Absprache mit der BGR am 23.01.1985 wird die unter 2.1 beschriebene Methode der Prüfkörpergewinnung nicht weiterverfolgt.

Die Methode unter 2.2 soll an dem noch vorliegenden Bohrkernmaterial durchgeführt werden, dabei handelt es sich um etwa 50 mögliche Prüfzylinder mit 50 mm Ø und 100 mm Länge.

Die zusätzlichen Personal- und Sachkosten für die unter 2.2 beschriebenen Arbeiten sowie die gebirgsmechanischen Laborversuche wie Ultraschall-Laufzeitmessung, einaxiale Druckversuche und Spaltzugversuche werden wie folgt abgeschätzt:

#### Personalkosten

Präparation	15 TT a DM 355,- =	DM 5.325,--
Laborversuche	15 TT a DM 355,- =	DM 5.325,--
Auswertung	10 AT a DM 605,- =	<u>DM 6.050,--</u>
		DM 16.700,--

#### Sachkosten

Gießharz

Bohrkerne 50 Ø ca. DM 1.000,--  
DM 17.700,--

Das Arbeitspaket 2 zur TA 2219.12 muß daher

1. durch schon entstandene Kosten aufgrund größerer Probenzahl in Höhe von  
DM 29.763,14 und
2. durch weitere zusätzliche Aufwendungen von  
DM 17.700,--

um insgesamt

DM 47.463,14 (netto)  
aufgestockt werden.

Hinzu kommen noch 11 % Gemeinkostenzuschlag und weiterhin 14 % Mehrwertsteuer.

Anlage 2

17 Seiten

Zuordnung der untersuchten Prüfkörper zu  
petrographischen Einheiten



Prüfkörper Nr.	aus Bohrung Nr.	Entnahme- tiefe der Probe von - bis [m]	Petrographische Bezeichnung d Probenmaterials	Bemerkung
3/137/001/1	3/137	3,30 - 3,72	Mergelstein	
3/137/001/2				
3/137/001/3				
3/137/002/1	3/137	7,47 - 7,81	Mergelstein - Kalkstein	
3/137/002/2				
3/137/002/3				
3/137/003/1	3/137	14,47 - 15,14	Mergelstein - Kalkstein	
3/137/003/2				
3/137/003/3A				
3/137/003/3B				
3/137/003/4				
3/137/003/5				

Prüfkörper Nr.	aus Bohrung Nr.	Entnahme- teufe der Probe von - bis [m]	Petrographische Bezeichnung d. Probenmaterials	Bemerkung
31138/001/1	3/138	20,12 - 20,68	Kalkstein-Mergelstein	
31138/001/2				
31138/001/3				
31138/001/4				
31138/001/5				
31138/002/1	3/138	24,25 - 24,75	Kalkstein-Mergelstein	
31138/002/2				
31138/002/3				
31138/002/4				
31138/003/1	3/138	31,30 - 31,86	Kalkstein	
31138/003/2				
31138/003/3				
31138/003/4				
31138/003/5				

Prüfkörper Nr.	aus Bohrung Nr.	Entnahme- teufe der Probe von - bis [m]	Petrographische Bezeichnung d. Probenmaterials	Bemerkung
3/138/004/1	3/138	33,75 - 34,33	Kalkstein, erzführend	
3/138/004/2				
3/138/004/3				
3/138/004/4				
3/138/004/5				
3/138/005/1	3/138	37,08 - 38,59	Kalkstein, erzführend	
3/138/005/2				
3/138/005/3				
3/138/005/4				
3/138/005/5				
3/138/006/1	3/138	42,94 - 43,53	Mergelstein, erzführend	
3/138/006/2				
3/138/006/3				
3/138/006/4				
3/138/006/5				

Prüfkörper Nr.	aus Bohrung Nr.	Entnahme- tiefe der Probe von - bis [m]	Petrographische Bezeichnung d. Probenmaterials	Bemerkung
31138/007/1	3/138	48,50 - 49,00	Mergelstein, erzführend	
31138/007/2				
31138/007/3				
31138/008/1	3/138	60,91 - 61,52	Kalkstein, erzführend	
31138/008/2				
31138/008/3				
31138/008/4				
31138/008/5				
31138/009/1	3/138	62,81 - 63,32	Kalkstein, erzführend	
31138/009/2				
31138/009/3				
31138/009/4				
31138/010/1	3/138	68,27 - 68,86	Eisenoolith, mergelig	
31138/010/2				
31138/010/3				
31138/010/4				
31138/010/5				

Prüfkörper Nr.	aus Bohrung Nr.	Entnahme- teufe der Probe von-bis [m]	Petrographische Bezeichnung d. Probenmaterials	Bemerkung
3/138/011/1	3/138	73,65 - 74,16	Eisenoolith, mergelig	
3/138/011/2				
3/138/011/3				
3/138/011/4				

Prüfkörper Nr.	aus Bohrung Nr.	Entnahme- tiefe der Probe von - bis [m]	Petrographische Bezeichnung d. Probenmaterials	Bemerkung
31139/001/F1	31139	2,94 - 3,90	Kalkstein, erzführend	
31139/004/F1	31139	33,28 - 33,82	Mergelstein	
31139/005/F1	31139	39,61 - 40,55	Mergelstein.	
31139/005/F2				
31139/005/F3A				
31139/005/F3B				
31139/005/F4				
31139/005/F5				
31139/006/F1				
31139/006/F2				
31139/006/F3				
31139/006/F4				
31139/006/F5A				
31139/006/F5B				

Prüfkörper Nr.	aus Bohrung Nr.	Entnahme- tiefe der Probe von - bis [m]	Petrographische Bezeichnung d. Probenmaterials	Bemerkung
3/139/007/F1	3/139	49,81 - 50,44	Kalkstein	
3/139/007/F2				
3/139/007/F3A				
3/139/007/F3B				
3/139/007/F4				
3/139/007a/F1	3/139	55,46 - 55,94	Mergelstein	
3/139/007a/F2				
3/139/007a/F3				
3/139/008/F1	3/139	56,16 - 56,72	Tonstein, kalkig	
3/139/008/F2				
3/139/008/F3				
3/139/008/F4A				
3/139/008/F4B				
3/139/008/F5				

Prüfkörper Nr.	aus Bohrung Nr.	Entnahme- tiefe der Probe von - bis [m]	Petrographische Bezeichnung d. Probenmaterials	Bemerkung
31139/009/F1	31139	61,84 - 62,44	Tonstein, kalkig	
31139/009/F2				
31139/009/F3				
31139/009/F4A				
31139/009/F4B				
31139/009/F5				
31139/010/F1	31139	63,07 - 63,57	Tonstein, kalkig	
31139/010/F2				
31139/010/F3				
31139/010/F4				



Prüfkörper Nr.	aus Bohrung Nr.	Entnahme- tiefe der Probe von-bis [m]	Petrographische Bezeichnung d Probenmaterials	Bemerkung
3/140/001/F1.3	3/140	4,10 - 4,73	Kalkstein, erzführend	
3/140/001/F2.2				
3/140/001/F3.1				
3/140/001/F3.3A				
3/140/001/F3.3B				
3/140/002/F2	3/140	10,06 - 10,69	Kalkstein, erzführend	
3/140/002/F3.1A				
3/140/002/F3.1B				
3/140/002/F3.2A				
3/140/002/F3.2B				

Prüfkörper Nr.	aus Bohrung Nr.	Entnahme- tiefe der Probe von - bis [m]	Petrographische Bezeichnung d. Probenmaterials	Bemerkung
S/95/003/FH1D1	5/95	8,17 - 8,94	Kalkstein, erzführend	
S/95/003/FH1D2				
S/95/003/FH1D3				
S/95/004/FH1B3	5/95	11,24 - 11,97	Kalkstein, erzführend	
S/95/004a/FH1	5/95	20,32 - 20,89	Mergelstein	
S/95/004a/FH2				
S/95/005/FH1	5/95	23,07 - 23,60	Mergelstein	
S/95/007/FH1	5/95	32,67 - 33,14	Mergelstein	
S/95/007/FH2				
S/95/007/FH3				
S/95/007/FH4				
S/95/007a/FH1	5/95	37,30 - 38,09	Kalkstein - Mergelstein	
S/95/007a/FH2				
S/95/007a/FH3				
S/95/007a/FH4				
S/95/007a/FH6				

Prüfkörper Nr.	aus Bohrung Nr.	Entnahme- teufe der Probe von - bis [m]	Petrographische Bezeichnung d. Probenmaterials	Bemerkung
5195/010/FH1	5195	54,99 - 55,94	Tonstein, balkig	
5195/010/FH2				
5195/010/FH3				
5195/010/FH4				
5195/010/FH5				
5195/010/FH6				
5195/010/FH7				

Prüfkörper Nr.	aus Bohrung Nr.	Entnahme- teufe der Probe von - bis [m]	Petrographische Bezeichnung d. Probenmaterials	Bemerkung
5196/001/FM1.1	5196	2,43 - 2,96	Eisenoolith, kalkig	
5196/001/FM1.2				
5196/001/FM1.3				
5196/001/FM2.1				
5196/001/FM2.2				
5196/001/FM2.3				
5196/001/FM3.2				
5196/001/FM3.3				
5196/002/FM1	5196	14,02 - 15,58	Kalkstein, tonig	
5196/002/FM2				
5196/002/FM3				
5196/002/FM4				
5196/002/FM5				
5196/002/FM6				
5196/002/FM7				
5196/002/PP1				
5196/002/PP2				

Prüfkörper Nr.	aus Bohrung Nr.	Entnahme- tiefe der Probe von - bis [m]	Petrographische Bezeichnung d. Probenmaterials	Bemerkung
5196/002/PP 3	5196	14,02 - 15,58	Kalkstein, tonig	
5196/002/PP 4				
5196/002/PP 5				
5196/002/PP 6				
5196/003/FM 1	5196	22,00 - 23,28	Kalkstein	
5196/003/FM 2				
5196/003/FM 3				
5196/003/FM 4				
5196/003/FM 5				
5196/003/FM 6				
5196/003/FM 7				
5196/003/PP 1				
5196/003/PP 3				
5196/003/PP 4				
5196/003/PP 5				

Prüfkörper Nr.	aus Bohrung Nr.	Entnahme- tiefe der Probe von - bis [m]	Petrographische Bezeichnung d. Probenmaterials	Bemerkung
5196/004/FM1	5196	31,60 - 33,00	Kalkstein, erzführend	
5196/004/FM2				
5196/004/FM3				
5196/004/FM4				
5196/004/FM5				
5196/004/FM6				
5196/004/FM7				
5196/004/PP1				
5196/004/PP2				
5196/004/PP3				
5196/004/PP5				
5196/004/PP6				
5196/005/FM1	5196	35,15 - 36,14	Kalkstein, erzführend	
5196/005/FM2				
5196/005/FM3				
5196/005/FM4				
5196/005/FM5				

Prüfkörper Nr.	aus Bohrung Nr.	Entnahme- teufe der Probe von - bis [m]	Petrographische Bezeichnung d. Probenmaterials	Bemerkung
5196/005/FM6	5196	35,15 - 36,14	Kalkstein, erzführend	
5196/005/PP2				
5196/005/PP3				
5196/006/FM1	5196	48,93 - 50,12	Kalkstein-Mergelstein	
5196/006/FM2				
5196/006/FM3				
5196/006/FM4				
5196/006/FM5				
5196/006/FM6				
5196/006/FM7				
5196/006/FM8				
5196/006/PP1				
5196/006/PP3				
5196/007/FM1	5196	63,00 - 64,23	Kalkstein	
5196/007/FM2				
5196/007/FM3				
5196/007/FM4				

Prüfkörper Nr.	aus Bohrung Nr.	Entnahme- tiefe der Probe von - bis [m]	Petrographische Bezeichnung d. Probenmaterials	Bemerkung
5196/007/FH5	5196	63,00 - 64,23	Kalkstein	
5196/007/FH6				
5196/007/FH7				
5196/007/PP3				
5196/008/PP3	5196	69,00 - 69,32	Kalkstein	
5196/008/PP4				
5196/010/FH1	5196	73,92 - 74,63	Kalkstein	
5196/010/FH2				
5196/010/FH3				
5196/010/FH4				
5196/010/FH5				
5196/010/FH6				
5196/011/FH1	5196	84,65 - 85,63	Kalkstein, tonig	
5196/011/FH2				
5196/011/FH3				
5196/011/FH4				
5196/011/FH5				



Prüfkörper Nr.	aus Bohrung Nr.	Entnahme- teufe der Probe von - bis [m]	Petrographische Bezeichnung d. Probenmaterials	Bemerkung
5196/011/FM6	5196	84,65 - 85,63	Kalkstein, tonig	
5196/011/FM7				
5196/011/FM8				

Anlage 3

11 Seiten

Einzelergebnisse der felsmechanischen  
Laboruntersuchungen

**gsf**

Prüfkörper Nr.	Versuchsart V [mm/min]	Dichte $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	elastische Kennwerte						Bruchspannung			Bruchdehnung $\epsilon, \gamma$ [-]	Bemerkung bzw. Angabe zur Ultraschallm.
			dynamisch			statisch			$\sigma_D$ [MPa]	$\sigma_{Sz}$ [MPa]	$\tau$ [MPa]		
			E [GPa]	G [GPa]	V [-]	E [GPa]	G [GPa]	V [-]					
3/137/001/1	Druck v=0,01	2.673,8	44,53	17,58	0,267	11,15	—	27,2	—	—	0,40 · 10 <sup>-2</sup>	axial	
3/137/001/2	Druck v=0,01	2.678,9	45,46	18,07	0,258	—	—	—	—	—	—	s. Anlages axial	
3/137/001/3	Torsion	2.668,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	s. Anlages	
3/137/002/1	Druck v=0,01	2.703,5	46,17	17,81	0,296	20,00	—	60,4	—	—	0,68 · 10 <sup>-2</sup>	axial	
3/137/002/2	Druck v=0,01	2.699,3	47,59	17,88	0,333	21,77	—	63,9	—	—	0,47 · 10 <sup>-2</sup>	axial	
3/137/002/3	Druck v=0,01	2.699,3	44,19	16,87	0,310	8,31	—	17,6	—	—	0,26 · 10 <sup>-1</sup>	axial	
3/137/003/1	Druck	2.745,1	47,53	20,05	0,185	—	—	—	—	—	—	s. Anlages axial	
3/137/003/2	Druck v=0,01	2.745,1	49,97	21,18	0,179	—	—	48,0	—	—	0,52 · 10 <sup>-2</sup>	axial	
3/137/003/3	Spaltung	2.801,1	44,35	16,97	0,307	—	—	—	7,76	—	—	axial	
3/137/003/3A	Spaltung	2.775,1	45,41	17,52	0,296	—	—	—	7,34	—	—	axial	
3/137/003/4	Torsion	2.740,0	—	—	—	—	16,9	—	—	—	0,35 · 10 <sup>-3</sup>	axial	
3/137/003/5	Druck v=0,01	2.729,8	51,51	21,06	0,223	20,06	—	69,6	—	—	0,71 · 10 <sup>-2</sup>	axial	
3/138/001/1	Druck v=100	2.745,1	57,86	22,41	0,291	24,23	—	88,0	—	—	0,88 · 10 <sup>-2</sup>	axial	
3/138/001/2	Druck v=0,01	2.765,5	53,87	20,20	0,333	25,09	—	59,2	—	—	0,69 · 10 <sup>-2</sup>	axial	
3/138/001/3	Druck v=100	2.796,0	57,53	21,57	0,333	19,49	—	55,3	—	—	0,45 · 10 <sup>-1</sup>	axial	
3/138/001/4	Druck v=0,01	2.722,8	56,64	19,94	0,345	31,39	—	50,4	—	—	0,34 · 10 <sup>-2</sup>	axial	
3/138/001/5	Druck v=0,01	2.740,0	51,03	18,96	0,345	22,90	—	32,5	—	—	0,27 · 10 <sup>-2</sup>	axial	
3/138/002/1	Spaltung	2.780,8	42,67	15,76	0,353	—	—	—	6,68	—	—	axial	
3/138/002/2	Druck v=0,01	2.755,3	52,01	19,59	0,327	21,74	—	55,1	—	—	0,66 · 10 <sup>-2</sup>	axial	
3/138/002/3	Spaltung	2.821,5	47,03	17,63	0,333	—	—	—	7,07	—	—	axial	
3/138/002/4	Torsion	2.745,1	—	—	—	—	16,2	—	—	—	0,23 · 10 <sup>-3</sup>	s. Anlages	

Prüfkörper Nr.	Versuchs- art V (mm/min)	Dichte $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	elastische Kennwerte			Bruchspannung			Bruch- dehnung $\epsilon, \gamma$ (-)	Bemerkung bzw. Angabe zur Ultra- schallm.	
			E (GPa)	G (GPa)	V (-)	E (GPa)	G (GPa)	T (MPa)			$\sigma_D$ (MPa)
3/138/003/1	Spaltung	2.811,3	46,03	17,57	0,310	—	—	—	7,19	—	axial
3/138/003/2	v=0,01	2.740,0	53,99	21,14	0,277	11,40	—	—	39,8	—	axial
3/138/003/3	v=1,00	2.729,8	53,79	21,06	0,277	16,79	—	—	51,7	—	axial
3/138/003/4	v=0,01	2.775,7	63,82	25,49	0,252	22,99	—	—	46,2	—	axial
3/138/003/5	v=1,00	2.775,7	42,90	17,35	0,236	10,69	—	—	26,7	—	axial
3/138/004/1	v=1,00	2.785,8	43,06	17,41	0,236	20,22	—	—	59,0	—	axial
3/138/004/2	v=0,01	2.796,0	—	—	—	24,87	—	—	69,2	—	s. Anlage 5
3/138/004/3	v=0,01	2.765,5	35,60	16,06	0,109	14,84	—	—	38,3	—	axial
3/138/004/4	v=1,00	2.765,5	27,86	11,52	0,036	18,51	—	—	49,1	—	axial
3/138/004/5	Torsion	2.785,8	—	—	—	—	12,0	—	—	3,92	—
3/138/005/1	v=0,01	2.760,4	52,91	21,30	0,242	16,49	—	—	23,5	—	axial
3/138/005/2	v=0,01	2.790,9	55,53	22,78	0,219	21,87	—	—	43,1	—	axial
3/138/005/3	Spaltung	2.730,9	43,71	17,44	0,253	—	—	—	—	6,37	axial
3/138/005/4	v=0,01	2.755,3	59,56	26,09	0,142	20,63	—	—	53,7	—	axial
3/138/005/5	Spaltung	2.801,1	39,94	15,88	0,258	—	—	—	—	7,64	axial
3/138/006/1	v=0,01	2.694,2	23,95	8,90	0,288	5,79	—	—	13,6	—	radial
3/138/006/2	v=0,01	2.699,3	34,04	13,33	0,277	16,30	—	—	41,4	—	radial
3/138/006/3	v=0,01	2.729,8	30,05	14,10	0,066	6,53	—	—	32,0	—	radial
3/138/006/4	Spaltung	2.740,0	22,70	8,74	0,299	—	—	—	—	4,14	axial
3/138/006/5	Torsion	2.678,9	—	—	—	—	3,7	—	—	1,46	s. Anlage 5



Prüfkörper Nr.	Versuchs- art V (mm/min)	Dichte $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	elastische Kennwerte			Bruchspannung			Bruch- dehnung $\epsilon, \gamma$ (-)	Bemerkung bzw. Angabe zur Ultra- schallm.
			dynamisch	statisch		$\sigma_D$ (MPa)	$\sigma_{Sz}$ (MPa)	$\tau$ (MPa)		
		E (GPa)	G (GPa)	V (-)	E (GPa)	G (GPa)	$\sigma_D$ (MPa)	$\sigma_{Sz}$ (MPa)	$\tau$ (MPa)	
311391001FA	v=0,01	2.599	10,715	0,128	13,89	—	33,5	—	—	radial $0,88 \cdot 10^{-1}$
311391001FA	—	—	—	—	—	—	—	—	—	S-Anlage S
311391005FA	Druck	2.634	18,752	0,268	—	—	—	—	—	S-Anlage S radial
311391005F2	v=1,00	2.676	16,370	0,308	18,19	—	64,7	—	—	radial $0,69 \cdot 10^{-1}$
311391005F3A	Spaltung	2.655	24,46	0,238	—	—	—	15,05	—	axial
311391005F3B	Spaltung	2.680	37,82	0,236	—	—	—	16,63	—	axial
311391005F4	v=0,01	2.675	19,049	0,298	23,64	—	80,3	—	—	radial $0,75 \cdot 10^{-2}$
311391005FS	—	—	—	—	—	—	—	—	—	S-Anlage S
311391006FA	v=0,01	2.561	18,238	0,234	28,74	—	64,7	—	—	radial $0,47 \cdot 10^{-1}$
311391006F2	v=0,01	2.632	14,637	0,251	6,22	—	44,6	—	—	radial $0,61 \cdot 10^{-2}$
311391006F3	v=0,01	2.575	15,008	0,286	23,64	—	56,0	—	—	radial $0,43 \cdot 10^{-2}$
311391006F4	v=0,01	2.590	17,509	0,285	43,86	—	98,7	—	—	radial $0,67 \cdot 10^{-2}$
311391006F5A	Spaltung	2.579	14,71	0,266	—	—	—	8,22	—	axial
311391006F5B	Spaltung	2.508	16,36	0,209	—	—	—	7,90	—	axial
311391007FA	v=0,01	2.622	15,283	0,329	33,93	—	108,2	—	—	radial $0,61 \cdot 10^{-2}$
311391007F2	v=0,01	2.623	17,196	0,294	35,94	—	106,1	—	—	radial $0,47 \cdot 10^{-2}$
311391007F3A	Spaltung	2.666	20,18	0,246	—	—	—	10,67	—	axial
311391007F3B	Spaltung	2.612	17,49	0,242	—	—	—	10,30	—	axial
311391007F4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Rückstellprobe										
311391007qFA	v=0,01	2.635,1	17,04	0,249	20,23	—	48,5	—	—	radial $0,47 \cdot 10^{-1}$
311391007qF2	v=0,01	2.712,9	13,36	0,321	24,85	—	71,6	—	—	radial $0,66 \cdot 10^{-2}$
311391007qF3	Druck	2.662	13,07	0,325	Druck-Kriechversuch			—	—	radial

Prüfkörper Nr.	Versuchsart V [mm/min]	Dichte $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	elastische Kennwerte				Bruchspannung			Bruchdehnung $\epsilon, \gamma$ [ - ]	Bemerkung bzw. Angabe zur Ultraschallm.
			dynamisch		statisch		$\sigma_D$ [MPa]	$\sigma_{Sz}$ [MPa]	$\tau$ [MPa]		
			E [GPa]	G [GPa]	V [ - ]	E [GPa]	G [GPa]				
3113910081F1	v=0,01	2.815	46,793	18,645	0,255	20,23	—	45,1	—	—	radial
3113910081F2	Druck	2.792	39,40	15,97	0,234	—	—	—	—	—	s. Anlage 5 radial
3113910081F3	v=0,01	2.649	38,010	15,294	0,243	16,12	—	35,4	—	—	radial
3113910081F4	Spaltung	2.642	19,82	7,69	0,291	—	—	—	4,34	—	axial
3113910081F5	Spaltung	2.545	31,12	12,13	0,293	—	—	—	7,18	—	axial
Rückstellprobe											
3113910091F1	v=0,01	2.449	26,665	10,237	0,302	9,73	—	48,6	—	—	radial
3113910091F2	v=0,01	2.457	27,260	10,521	0,295	8,94	—	44,9	—	—	radial
3113910091F3	Druck	2.442	27,971	10,899	0,283	—	—	—	—	—	s. Anlage 5 radial
3113910091F4	Spaltung	2.466	13,73	5,25	0,309	—	—	—	6,61	—	axial
3113910091F5	Spaltung	2.453	13,63	5,26	0,296	—	—	—	7,62	—	axial
Rückstellprobe											
Rückstellprobe											
3113910101F1	v=0,01	2.513,8	31,71	12,96	0,224	6,68	—	50,7	—	—	radial
3113910101F2	v=0,01	2.554,2	31,95	12,58	0,270	11,83	—	45,1	—	—	radial
3113910101F3	Druck	2.544	30,44	11,80	0,290	—	—	—	—	—	s. Anlage 5 radial
3113910101F4	Druck	2.530	26,49	10,00	0,324	—	—	—	—	—	radial
						Druck-Kriechversuch					

Prüfkörper Nr.	Versuchs- art V (mm/min)	Dichte $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	elastische Kennwerte					Bruchspannung			Bruch- dehnung $E, \gamma$ (-)	Bemerkung bzw. Angabe zur Ultra- schallm.
			dynamisch			statisch		$\sigma_0$ (MPa)	$\sigma_{sz}$ (MPa)	$\tau$ (MPa)		
			E (GPa)	G (GPa)	$\nu$ (-)	E (GPa)	G (GPa)					
31A40/001/F1.3	Spaltung	2.556	21,10	8,08	0,305	—	—	—	5,71	—	—	axial
31A40/001/F2.2	v = 1,00	2.605	35,33	13,51	0,307	10,78	—	41,0	—	—	$0,61 \cdot 10^{-2}$	radial
31A40/001/F3.1	Durch	2.488	19,04	7,35	0,296	—	—	—	—	—	—	S. Anlage 5 radial
31A40/001/F3.3A	Spaltung	2.521	20,95	8,14	0,286	—	—	—	4,75	—	—	axial
31A40/001/F3.3B	Spaltung	2.525	19,86	7,84	0,266	—	—	—	5,91	—	—	axial
31A40/002/F2	Spaltung	2.500	24,96	9,86	0,265	—	—	—	4,60	—	—	axial
31A40/002/F3.1A	Spaltung	2.603	29,65	11,02	0,346	—	—	—	7,89	—	—	axial
31A40/002/F3.1B	Spaltung	2.551	29,92	11,38	0,315	—	—	—	7,89	—	—	axial
31A40/002/F3.2A	Spaltung	2.454	25,66	9,86	0,201	—	—	—	6,91	—	—	axial
31A40/002/F3.2B	Spaltung	2.629	27,28	10,44	0,307	—	—	—	7,22	—	—	axial



Prüfkörper Nr.	Versuchsart V (mm/min)	Dichte $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	elastische Kennwerte				Bruchspannung			Bruchdehnung $\epsilon, \gamma$ (-)	Bemerkung bzw. Angabe zur Ultraschallm.
			E (GPa)	G (GPa)	$\nu$ (-)	E (GPa)	G (GPa)	$\sigma_0$ (MPa)	$\sigma_{Sz}$ (MPa)		
S/951003/FMAD1	Spaltung	2.623	29,22	12,04	0,214	—	—	—	—	—	axial
S/951003/FMAD2	Spaltung	2.637	29,45	12,08	0,219	—	—	—	—	—	axial
S/951002/FMAD3	Spaltung	2.656	30,90	12,59	0,228	—	—	—	—	—	axial
S/951004/FMA1B3	$v=1,00$	2.635	31,30	12,80	0,258	17,23	—	—	—	—	radial
S/951004/FMA1	Spaltung	2.527	—	—	—	—	—	—	—	—	s. Anlage 5
S/951004/FMA2	Spaltung	2.526	—	—	—	—	—	—	—	—	s. Anlage 5
S/951005/FMA1	Druck	2.603	40,41	16,45	0,230	—	—	—	—	—	s. Anlage 5
S/951007/FMA1	$v=0,01$	2.585	38,299	14,731	0,300	12,63	—	—	—	—	radial
S/951007/FMA2	$v=1,00$	2.640	41,736	16,376	0,274	13,13	—	—	—	—	radial
S/951007/FMA3	$v=1,00$	2.598	40,591	15,958	0,272	10,05	—	—	—	—	radial
S/951007/FMA4	$v=0,01$	2.628	48,236	19,739	0,232	16,97	—	—	—	—	radial
S/951007a/FMA1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	s. Anlage 5
S/951007a/FMA2	$v=1,0$	2.649	53,32	20,73	0,286	—	—	—	—	—	s. Anlage 5
S/951007a/FMA3	Spaltung	2.627	—	—	—	—	—	—	—	—	s. Anlage 5
S/951007a/FMA4	Spaltung	2.551	—	—	—	—	—	—	—	—	s. Anlage 5
S/951007a/FMA6	Spaltung	2.551	—	—	—	—	—	—	—	—	s. Anlage 5
S/951010/FMA1	$v=0,01$	2.606	37,367	14,447	0,293	9,08	—	—	—	—	radial
S/951010/FMA2	$v=1,00$	2.601	39,334	15,382	0,279	12,08	—	—	—	—	radial
S/951010/FMA3	$v=1,00$	2.607	40,913	16,014	0,277	9,87	—	—	—	—	radial
S/951010/FMA4	$v=1,00$	2.607	40,492	15,710	0,289	10,37	—	—	—	—	radial
S/951010/FMA5	$v=1,00$	2.604	37,860	14,700	0,288	11,47	—	—	—	—	radial
S/951010/FMA6	$v=0,01$	2.587	37,995	14,875	0,277	8,37	—	—	—	—	radial
S/951010/FMA7	$v=0,01$	2.597	37,458	14,662	0,277	8,41	—	—	—	—	radial

Prüfkörper Nr.	Versuchsart V (mm/min)	Dichte $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	elastische Kennwerte				Bruchspannung		Bruchdehnung $\epsilon, \gamma$ (-)	Bemerkung bzw. Angabe zur Ultra-schallm.
			dynamisch		statisch		$\sigma_D$ (MPa)	$\tau$ (MPa)		
			E (GPa)	G (GPa)	V (-)	E (GPa)	G (GPa)	$\sigma_{Sz}$ (MPa)		
S196/001/FM1.1	V=1,00	2.810	32,03	12,77	0,254	22,58	—	62,3	—	0,58 · 10 <sup>-1</sup> radial
S196/001/FM1.2	V=1,00	2.802	32,54	12,94	0,257	21,90	—	64,2	—	0,51 · 10 <sup>-1</sup> radial
S196/001/FM1.3	V=1,00	2.829	33,30	12,95	0,286	20,81	—	63,3	—	0,58 · 10 <sup>-1</sup> radial
S196/001/FM2.1	V=1,00	2.848	30,53	12,27	0,244	20,46	—	50,9	—	0,68 · 10 <sup>-1</sup> radial
S196/001/FM2.2	V=1,00	2.875	30,79	12,11	0,271	22,30	—	58,3	—	0,49 · 10 <sup>-1</sup> radial
S196/001/FM2.3	V=1,00	2.827	28,91	10,99	0,315	18,04	—	50,5	—	0,48 · 10 <sup>-1</sup> radial
S196/001/FM3.1	V=1,00	2.844	30,21	12,57	0,221	21,33	—	51,85	—	0,55 · 10 <sup>-1</sup> radial
S196/001/FM3.2	V=1,00	2.876	30,74	11,98	0,283	16,59	—	47,9	—	0,55 · 10 <sup>-1</sup> radial
S196/001/FM3.3	V=0,01	2.615	—	—	—	29,63	—	47,1	—	0,43 · 10 <sup>-1</sup> s. Anlagens
S196/002/FM1	V=0,01	2.611	52,15	23,400	0,166	38,03	—	56,9	—	0,39 · 10 <sup>-1</sup> radial
S196/002/FM3	V=0,01	2.611	59,16	23,409	0,264	33,53	—	61,3	—	0,45 · 10 <sup>-1</sup> radial
S196/002/FM4	V=0,01	2.611	57,91	23,734	0,125	30,80	—	74,0	—	0,45 · 10 <sup>-1</sup> radial
S196/002/FM5	V=0,01	2.623	62,419	26,489	0,178	27,04	—	54,3	—	0,43 · 10 <sup>-1</sup> radial
S196/002/FM6	V=0,01	2.728	—	—	—	—	—	32,7	—	0,57 · 10 <sup>-1</sup> s. Anlagens
S196/002/FM7	V=1,00	2.610	—	—	—	24,14	—	42,5	—	0,58 · 10 <sup>-1</sup> s. Anlagens
S196/002/PP1	Spaltung	2.664	49,13	20,50	0,199	—	—	—	6,64	— axial
S196/002/PP2	Spaltung	2.679	49,94	18,98	0,300	—	—	—	6,74	— axial
S196/002/PP3	Spaltung	2.676	54,95	21,87	0,257	—	—	—	8,82	— axial
S196/002/PP4	Spaltung	2.617	—	—	—	—	—	—	5,09	— s. Anlagens
S196/002/PP5	Spaltung	2.712	—	—	—	—	—	—	3,24	— s. Anlagens
S196/002/PP6	Spaltung	2.588	—	—	—	—	—	—	4,06	— s. Anlagens
S196/003/FM1	V=0,01	2.681	52,604	22,962	0,146	33,74	—	62,6	—	0,32 · 10 <sup>-1</sup> radial
S196/003/FM2	V=0,01	2.691	53,166	21,563	0,233	46,16	—	59,9	—	0,28 · 10 <sup>-1</sup> radial

Prüfkörper Nr.	Versuchs- art v (mm/min)	Dichte $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	elastische Kennwerte				Bruchspannung			Bruch- dehnung $\epsilon, \gamma$ (%)	Bemerkung bzw. Angabe zur Ultra- schallm.	
			dynamisch		statisch		$\sigma_0$ (MPa)	$\sigma_{Sz}$ (MPa)	$\tau$ (MPa)			
	v		E (GPa)	G (GPa)	V (-)	E (GPa)	G (GPa)	$\sigma_0$ (MPa)	$\sigma_{Sz}$ (MPa)	$\tau$ (MPa)		
S1961003/FM3	v=100	2.703	54,770	21,898	0,251	38,68	—	80,5	—	—	0,45·10 <sup>-1</sup>	radial
S1961003/FM4	v=0,01	2.681	50,380	20,139	0,251	18,26	—	47,4	—	—	0,46·10 <sup>-1</sup>	radial
S1961003/FM5	v=100	2.698	52,321	22,269	0,175	30,38	—	76,3	—	—	0,39·10 <sup>-1</sup>	radial
S1961002/FM6	v=100	2.689	52,321	22,269	0,175	30,80	—	76,3	—	—	0,39·10 <sup>-1</sup>	radial
S1961003/FM7	v=100	2.697	57,198	22,582	0,266	29,21	—	81,6	—	—	0,47·10 <sup>-1</sup>	radial
S1961003/PP1	Spaltung	2.678	50,28	20,39	0,233	—	—	—	8,64	—	—	axial
S1961002/PP3	Spaltung	2.695	48,78	19,76	0,234	—	—	—	8,88	—	—	axial
S1961003/PP4	Spaltung	2.694	50,86	20,58	0,236	—	—	—	9,91	—	—	axial
S1961003/PP5	Spaltung	2.692	49,60	19,86	0,249	—	—	—	9,43	—	—	axial
S1961004/FM1	v=100	2.651	62,533	25,131	0,244	35,93	—	146,4	—	—	0,58·10 <sup>-2</sup>	radial
S1961004/FM2	Druck	2.660	68,538	28,577	0,199	—	—	—	—	—	—	radial
S1961004/FM3	v=0,01	2.658	57,324	22,142	0,294	39,22	—	160,3	—	—	0,71·10 <sup>-1</sup>	radial
S1961004/FM4	v=100	2.652	60,464	23,959	0,262	40,65	—	161,0	—	—	0,71·10 <sup>-1</sup>	radial
S1961004/FM5	v=0,01	2.626	53,482	21,629	0,236	42,47	—	67,5	—	—	0,33·10 <sup>-1</sup>	radial
S1961004/FM6	v=100	2.640	70,475	27,944	0,259	40,22	—	143,7	—	—	0,65·10 <sup>-1</sup>	radial
S1961004/FM7	Druck	2.644	74,857	29,144	0,284	35,39	—	95,5	—	—	0,61·10 <sup>-1</sup>	radial
S1961004/PP1	Spaltung	2.645	66,17	27,07	0,235	—	—	—	11,92	—	—	axial
S1961004/PP2	Spaltung	2.625	63,39	25,62	0,236	—	—	—	10,53	—	—	axial
S1961004/PP3	Spaltung	2.624	59,52	23,86	0,247	—	—	—	9,93	—	—	axial
S1961004/PP5	Spaltung	2.682	76,33	30,68	0,245	—	—	—	15,57	—	—	axial
S1961004/PP6	Spaltung	2.667	77,17	31,03	0,244	—	—	—	13,87	—	—	axial
S1961005/FM1	v=0,01	2.665	62,408	24,080	0,296	30,57	—	108,2	—	—	0,45·10 <sup>-1</sup>	radial
S1961005/FM2	v=0,01	2.686	70,625	27,305	0,290	50,58	—	132,3	—	—	0,32·10 <sup>-2</sup>	radial

Prüfkörper Nr.	Versuchs- art V (mm/min)	Dichte $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	elastische Kennwerte				Bruchspannung			Bruch - dehnung $\epsilon, \gamma$ (%)	Bemerkung bzw. Angabe zur Ultra- schallm.	
			E (GPa)	G (GPa)	V (-)	E (GPa)	G (GPa)	$\sigma_0$ (MPa)	$\sigma_{sz}$ (MPa)			$\tau$ (MPa)
S196/005/FM3	v = 0,01	2.690	71,447	27,703	0,290	44,64	—	—	—	—	0,38 · 10 <sup>-1</sup>	radial
S196/005/FM4	v = 0,01	2.700	62,323	24,496	0,272	52,21	—	—	—	—	0,45 · 10 <sup>-1</sup>	radial
S196/005/FM5	v = 1,00	2.702	70,938	27,150	0,306	47,14	—	—	—	—	0,45 · 10 <sup>-1</sup>	radial
S196/005/FM6	v = 1,00	2.648	—	—	—	7,51	—	—	—	—	0,58 · 10 <sup>-2</sup>	s-Anlage 5
S196/005/PP2	Spaltung	2.705	67,61	26,91	0,256	—	—	—	10,23	—	—	axial
S196/005/PP3	Spaltung	2.629	—	—	—	—	—	—	3,70	—	—	s-Anlage 5
S196/006/FM1	v = 0,01	2.694	58,663	22,356	0,311	47,70	—	—	—	—	0,38 · 10 <sup>-2</sup>	radial
S196/006/FM2	v = 0,01	2.664	66,356	25,774	0,288	38,72	—	—	—	—	0,36 · 10 <sup>-2</sup>	radial
S196/006/FM3	v = 1,00	2.668	67,994	25,499	0,332	49,19	—	—	—	—	0,54 · 10 <sup>-1</sup>	radial
S196/006/FM4	v = 0,01	2.668	64,401	24,011	0,341	56,53	—	—	—	—	0,49 · 10 <sup>-1</sup>	radial
S196/006/FM5	v = 1,00	2.646	64,100	24,686	0,298	37,20	—	—	—	—	0,49 · 10 <sup>-2</sup>	radial
S196/006/FM6	v = 1,00	2.670	59,731	22,671	0,317	38,41	—	—	—	—	0,48 · 10 <sup>-1</sup>	radial
S196/006/FM7	v = 0,01	2.636	53,697	21,384	0,256	12,54	—	—	—	—	0,63 · 10 <sup>-1</sup>	radial
S196/006/FM8	v = 1,00	2.668	60,475	22,393	0,350	48,19	—	—	—	—	0,40 · 10 <sup>-1</sup>	radial
S196/006/PP1	Spaltung	2.700	67,100	26,95	0,245	—	—	—	10,84	—	—	axial
S196/006/PP3	Spaltung	2.698	67,50	27,22	0,240	—	—	—	11,16	—	—	axial
S196/007/FM1	v = 1,00	2.654	50,92	20,29	0,255	19,09	—	—	—	—	0,56 · 10 <sup>-2</sup>	radial
S196/007/FM2	v = 1,00	2.653	45,56	17,43	0,307	32,35	—	—	—	—	0,67 · 10 <sup>-1</sup>	radial
S196/007/FM3	v = 1,00	2.627	40,74	15,49	0,215	15,45	—	—	—	—	0,83 · 10 <sup>-2</sup>	radial
S196/007/FM4	v = 1,00	2.644	51,54	20,22	0,275	21,74	—	—	—	—	0,58 · 10 <sup>-1</sup>	radial
S196/007/FM5	v = 1,00	2.635	45,11	17,60	0,292	19,84	—	—	—	—	0,66 · 10 <sup>-2</sup>	radial
S196/007/FM6	v = 1,00	2.597	38,42	14,39	0,335	—	—	—	—	—	0,30 · 10 <sup>-2</sup>	radial
S196/007/FM7	v = 1,00	2.599	38,38	15,71	0,320	—	—	—	—	—	1,11 · 10 <sup>-1</sup>	radial

ost

Prüfkörper Nr.	Versuchs- art V (mm/min)	Dichte $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	elastische Kennwerte			Bruchspannung			Bruch- dehnung $\epsilon, \gamma$ (%)	Bemerkung bzw. Angabe zur Ultra- schallm.
			dynamisch E (GPa)	G (GPa)	$\nu$ (-)	E (GPa)	G (GPa)	$\sigma_0$ (MPa)		
S196/007/PP3	Spaltzug	2.622	—	—	—	—	—	4,28	—	s. Anlage 5
S196/008/PP3	Spaltzug	2.625	41,88	17,27	0,213	—	—	6,11	—	axial
S196/008/PP4	Spaltzug	2.474	39,73	15,88	0,251	—	—	9,84	—	axial
S196/010/FM1	V = 1,00	2.543	51,61	20,52	0,258	28,89	—	110,3	—	radial
S196/010/FM2	V = 1,00	2.497	40,50	15,39	0,315	16,57	—	46,58	—	radial
S196/010/FM3	V = 1,00	2.503	40,35	15,26	0,322	23,05	—	57,65	—	radial
S196/010/FM4	V = 1,00	2.522	43,74	16,46	0,323	27,67	—	89,35	—	radial
S196/010/FM5	V = 1,00	2.522	47,01	18,00	0,306	29,29	—	104,96	—	radial
S196/010/FM6	V = 0,01	2.547	49,29	19,74	0,249	32,76	—	80,95	—	radial
S196/011/FM1	V = 1,00	2.616	44,20	16,90	0,308	23,47	—	77,04	—	radial
S196/011/FM2	V = 1,00	2.642	47,18	17,95	0,314	25,56	—	82,79	—	radial
S196/011/FM3	V = 1,00	2.636	47,57	18,61	0,278	24,76	—	70,10	—	radial
S196/011/FM4	V = 1,00	2.624	44,51	17,29	0,286	22,73	—	62,86	—	radial
S196/011/FM5	V = 1,00	2.631	42,70	16,61	0,286	22,53	—	63,63	—	radial
S196/011/FM6	V = 1,00	2.663	52,03	20,20	0,288	—	—	53,28	—	radial
S196/011/FM7	V = 1,00	2.669	51,45	20,10	0,280	—	—	43,7	—	radial
S196/011/FM8	V = 1,00	2.663	53,16	20,50	0,297	30,30	—	77,81	—	radial

Anlage 4

4 Seiten

Zusammenfassung der felsmechanischen Labor-  
untersuchungen für die in den Bohrungen  
ausgewählten Probenahmepunkte

N = Anzahl der gemessenen Proben  
MW = Mittelwerte

S = Standardabweichung der Einzelmessungen  
 $\bar{S}$  = " " des Mittels

Probenreihe	Einaxiale Festigkeiten [MPa]			Bruchwege [mm]			Spaltzugfestigkeiten [MPa]			Torsionsfestigkeiten [MPa]		
	N	MW	S	$\bar{S}$	N	MW	S	$\bar{S}$	N	MW	S	$\bar{S}$
3/137/001	1	27,20	—	—	1	0,400	—	—	—	—	—	—
3/137/002	3	47,30	25,780	14,884	3	0,470	0,210	0,121	—	—	—	—
3/137/003	2	58,80	15,274	10,800	2	0,615	0,134	0,095	2	7,55	0,237	0,210
3/138/001	5	57,080	20,078	8,979	5	0,526	0,254	0,114	—	—	—	—
3/138/002	1	55,100	—	—	1	0,660	—	—	2	6,875	0,276	0,195
3/138/003	4	41,100	10,761	5,381	4	0,608	0,127	0,063	1	7,190	—	—
3/138/004	4	53,300	13,248	6,624	4	0,585	0,029	0,014	—	—	—	—
3/138/005	3	40,100	15,322	8,846	3	0,453	0,123	0,071	2	7,005	0,898	0,635
3/138/006	3	29,000	14,141	8,164	3	0,547	0,133	0,077	1	4,140	—	—
3/138/007	2	23,100	1,414	1,000	2	0,940	0,127	0,090	—	—	—	—
3/138/008	4	56,750	7,712	3,856	4	0,573	0,063	0,032	—	—	—	—
3/138/009	3	47,467	6,989	4,035	3	0,547	0,025	0,015	—	—	—	—
3/138/010	3	60,600	8,126	4,692	3	0,663	0,065	0,038	1	4,270	—	—
3/138/011	3	46,800	7,624	4,402	3	0,577	0,071	0,041	—	—	—	—
3/139/001	1	33,500	—	—	1	0,880	—	—	—	—	—	—
3/139/005	2	72,500	11,031	7,800	2	0,720	0,042	0,030	2	15,84	1,117	0,790
3/139/006	4	64,000	23,182	11,651	4	0,545	0,114	0,057	2	8,06	0,226	0,160
3/139/007	2	107,150	1,485	1,050	2	0,540	0,099	0,070	2	10,49	0,262	0,185
3/139/007a	2	60,050	16,334	11,550	2	0,565	0,134	0,095	—	—	—	—
3/139/008	2	42,250	9,687	6,850	2	0,575	0,191	0,135	2	5,76	2,008	1,420
3/139/009	2	46,750	2,616	1,850	2	0,970	0,071	0,050	2	7,12	0,714	0,505
3/139/010	2	47,900	3,960	2,800	2	0,990	0	0	—	—	—	—
3/140/001	1	41,000	—	—	1	0,61	—	—	3	5,457	0,620	0,358
3/140/002	—	—	—	—	—	—	—	—	5	6,902	1,356	0,606

N = Anzahl der gemessenen Proben  
 MW = Mittelwerte

S = Standardabweichung der Einzelmessungen  
 $\bar{S}$  = - " - des Mittels

Probenreihe	Einaxiale Festigkeiten [MPa]				Bruchwege [mm]				Spaltzugfestigkeiten [MPa]				Torsionsfestigkeiten [MPa]			
	N	MW	S	$\bar{S}$	N	MW	S	$\bar{S}$	N	MW	S	$\bar{S}$	N	MW	S	$\bar{S}$
S/95/003	—	—	—	—	—	—	—	—	3	5,707	0,653	0,377	—	—	—	—
S/95/004	1	46,800	—	—	1	0,750	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S/95/004a	—	—	—	—	—	—	—	—	2	4,615	0,219	0,155	—	—	—	—
S/95/007	4	44,975	3,825	1,912	4	0,645	0,060	0,030	—	—	—	—	—	—	—	—
S/95/007a	—	—	—	—	—	—	—	—	3	4,157	0,844	0,487	—	—	—	—
S/95/010	7	64,217	5,424	2,050	7	1,026	0,062	0,023	—	—	—	—	—	—	—	—
S/96/001	8	56,160	6,590	2,330	8	0,550	0,065	0,023	—	—	—	—	—	—	—	—
S/96/002	7	53,690	14,441	5,446	7	0,464	0,063	0,024	6	5,768	2,034	0,830	—	—	—	—
S/96/003	7	69,230	12,830	4,849	7	0,394	0,073	0,028	4	9,215	0,570	0,285	—	—	—	—
S/96/004	5	125,600	42,030	18,796	5	0,602	0,158	0,071	5	12,364	2,350	1,051	—	—	—	—
S/96/005	6	111,500	44,460	18,151	6	0,435	0,087	0,036	2	6,965	4,620	3,267	—	—	—	—
S/96/006	8	97,080	30,480	10,776	8	0,479	0,106	0,037	2	11,000	0,230	0,163	—	—	—	—
S/96/007	7	62,600	21,920	8,285	7	0,744	0,191	0,072	1	4,280	—	—	—	—	—	—
S/96/008	—	—	—	—	—	—	—	—	2	7,975	2,640	1,867	—	—	—	—
S/96/010	6	82,470	26,400	10,776	6	0,632	0,062	0,025	—	—	—	—	—	—	—	—
S/96/011	8	66,400	13,270	4,692	8	0,574	0,061	0,022	—	—	—	—	—	—	—	—



Probenreihe	Dynamisch elastische Parameter				Statisch				Ultraschall - geschwindigkeiten					
	Dichte $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]		E-Modul $E$ [GPa]		E-Modul $E_d$ [GPa]		Schub-Modul $G$ [GPa]		Querdehnungsz. $\nu$ [ - ]		Longitud $C_L$ [m/s]		Transv. $C_T$ [m/s]	
	MW	$\bar{S}$	MW	$\bar{S}$	MW	$\bar{S}$	MW	$\bar{S}$	MW	$\bar{S}$	MW	$\bar{S}$	MW	$\bar{S}$
3/133/001	2.676,4	2.550	44.995	0,465	17.825	0,245	0,005	4545	0,00	5490	2743	1650	1650	
3/133/002	2.702,7	3.400	45.983	0,986	17.520	0,326	0,011	4884	122,00	8270	2516	2130	2130	
3/133/003	2.753,1	12.197	47.754	1,344	19.356	0,888	0,027	4494	74,30	33960	2319	6490	6490	
3/133/004	2.755,3	11.724	55.386	1,295	20.616	0,612	0,010	5437	54,90	14960	2719	125,10	125,10	
3/133/005	2.785,9	19.277	47.237	2,698	17.660	1,106	0,008	5088	82,70	14960	2719	82,60	82,60	
3/133/006	2.766,5	14.535	52.108	3,644	20.532	1,495	0,013	4854	170,40	33960	2319	99,90	99,90	
3/133/007	2.778,2	7.622	34,17	5,581	19,597	1,781	0,058	3398	0,127	3280	1597	87,67	87,67	
3/133/008	2.773,7	9.156	50.330	3,679	20.638	1,838	0,021	4464	149,00	14960	2719	14,60	14,60	
3/133/009	2.745,8	11,256	27.525	2,856	11,268	1,412	0,056	3498	167,50	14960	2719	46,40	46,40	
3/133/010	2.946,1	14,274	36,163	4,575	15,400	0,697	0,029	3660	117,20	180,10	2,337	125,50	125,50	
3/133/011	2.935,0	12,227	36,188	3,094	15,925	1,356	0,026	3616	180,10	180,10	2,337	125,50	125,50	
3/133/1001	2.599,0	—	24,177	—	10,715	—	—	—	—	—	—	—	—	
3/133/1005	2.664,0	8,666	53,830	4,740	21,290	2,102	0,015	5012	146,04	146,04	2813	136,72	136,72	
3/133/1006	2.574,2	16,503	40,390	1,531	16,077	0,629	0,012	4368	97,32	97,32	2497	52,04	52,04	
3/133/1007	2.630,8	12,010	44,705	2,027	17,535	1,008	0,021	4611	87,53	87,53	2544	75,62	75,62	
3/133/1008	2.670,0	22,869	37,507	2,539	14,450	1,278	0,025	4360	24,85	24,85	2326	108,37	108,37	
3/133/1009	2.815,0	107,059	35,028	4,544	13,944	1,879	0,011	3862	183,94	183,94	2158	131,15	131,15	
3/133/1010	2.534,4	56,477	31,852	3,343	8,434	1,302	0,004	3344	246,21	246,21	1797	139,83	139,83	
3/133/1011	2.536,0	8,287	30,148	1,263	11,835	0,658	0,021	3904	35,79	35,79	2158	61,23	61,23	
3/140/001	2.511,0	19,450	23,256	3,042	8,984	1,140	0,007	3454	220,17	220,17	1866	103,64	103,64	
3/140/002	2.547,4	32,197	27,494	1,009	10,512	0,206	0,013	3052	126,23	126,23	2011	20,89	20,89	

Probenreihe	Dichte $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]			Statisch		Dynamisch elastische Parameter				Ultraschall-geschwindigkeiten				
	MW	$\bar{S}$	E-Modul $E_D$ [GPa]	MW	$\bar{S}$	E-Modul $E$ [GPa]	Schub-Modul $G$ [GPa]		Querdehnungsz. $\nu$ [-]		Longitud $C_L$ [m/s]		Transv. $C_T$ [m/s]	
							MW	$\bar{S}$	MW	$\bar{S}$	MW	$\bar{S}$	MW	$\bar{S}$
S/95/003	2.638,7	9,563	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
S/95/004	2.635,0	—	17,230	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
S/95/004a	2.526,5	0,500	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
S/95/005	2.603,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
S/95/007	2.612,8	12,783	13,195	1,428	2,130	16,701	1,071	0,267	0,016	4486	3400	2524	7530	
S/95/007a	2.594,5	25,513	—	—	—	20,730	—	0,286	—	5109	—	2757	—	
S/95/010	2.601,3	2,749	9,950	0,549	0,557	15,113	0,224	0,283	0,003	4381	3010	2410	1740	
S/96/001	2.830,9	9,659	20,500	0,753	0,498	12,238	0,228	0,266	0,010	3693	4620	2081	2110	
S/96/002	2.642,2	12,311	30,528	1,933	1,899	22,626	0,923	0,213	0,021	4953	14430	3059	5950	
S/96/003	2.630,8	2,389	32,404	3,260	1,034	21,237	0,355	0,223	0,017	4699	3655	2762	2776	
S/96/004	2.647,8	5,112	38,980	1,285	2,239	26,400	0,914	0,249	0,007	5509	10968	3205	6516	
S/96/005	2.678,1	9,880	45,028	3,847	2,120	24,274	0,767	0,285	0,005	5851	7050	3117	4460	
S/96/006	2.620,3	6,339	44,060	4,708	1,486	24,234	0,649	0,238	0,013	5531	99,08	3104	6443	
S/96/007	2.628,3	9,078	21,734	2,830	2,852	17,303	0,871	0,238	0,011	4787	3810	2560	6070	
S/96/008	2.591,5	75,500	—	—	1,075	16,575	0,695	0,232	0,019	4320	74,05	2549	1595	
S/96/010	2.522,3	8,269	26,220	2,387	1,902	17,562	0,911	0,297	0,014	4917	5160	2666	6720	
S/96/011	2.643,0	7,184	24,907	1,179	1,398	18,520	0,557	0,232	0,005	4884	68,60	2629	6360	

Anlage 5

1 Seite

Zusammenstellung der bei den Laborversuchen  
augetretenen Besonderheiten

095f

Prüfkörper	Anmerkung gemäß Anlage 3	Prüfkörper	Anmerkung gemäß Anlage 3
3 /137 /001 /2	Nach Schallmessung bei Einbauvorgang in Prüfgerät zerbrochen	5 /95 /004a /FM1	diffuses Durchschallungsbild, Messung nicht möglich
3 /137 /001 /3	Bei Prüfung Bruch nahe Klebefläche am Probenende	5 /95 /004a /FM2	diffuses Durchschallungsbild, Messung nicht möglich
3 /137 /003 /1	Nach Schallmessung bei Einbauvorgang in Prüfgerät zerbrochen	5 /95 /005 /FM1	Nach Schallmessung bei Einbauvorgang in Prüfgerät zerbrochen
3 /138 /002 /4	Bei Prüfung Bruch nahe Klebefläche am Probenende	5 /95 /007a /FM1	Bei Präparation zerbrochen, unbrauchbar für Versuche
3 /138 /004 /2	diffuses Durchschallungsbild, Messung nicht möglich	5 /95 /007a /FM2	Nach Schallmessung bei Einbauvorgang in Prüfgerät zerbrochen
3 /138 /006 /5	Bei Prüfung Bruch nahe Klebefläche am Probenende	5 /95 /007a /FM3	diffuses Durchschallungsbild, Messung nicht möglich
3 /138 /007 /3	Nach Schallmessung bei Einbauvorgang in Prüfgerät zerbrochen	5 /95 /007a /FM4	diffuses Durchschallungsbild, Messung nicht möglich
3 /138 /011 /1	diffuses Durchschallungsbild, Messung nicht möglich	5 /95 /007a /FM6	diffuses Durchschallungsbild, Messung nicht möglich
3 /138 /011 /2	diffuses Durchschallungsbild, Messung nicht möglich	5 /96 /002 /FM1	diffuses Durchschallungsbild, Messung nicht möglich
3 /138 /011 /3	diffuses Durchschallungsbild, Messung nicht möglich	5 /96 /002 /FM6	diffuses Durchschallungsbild, Messung nicht möglich
3 /138 /011 /4	Bei Präparation zerbrochen, unbrauchbar für Versuche	5 /96 /002 /FM7	diffuses Durchschallungsbild, Messung nicht möglich
3 /139 /004 /F1	Bei Präparation zerbrochen, unbrauchbar für Versuche	5 /96 /002 /PP4	diffuses Durchschallungsbild, Messung nicht möglich
3 /139 /005 /F1	Nach Schallmessung bei Einbauvorgang in Prüfgerät zerbrochen	5 /96 /002 /PP5	diffuses Durchschallungsbild, Messung nicht möglich
3 /139 /005 /F5	Bei Präparation zerbrochen, unbrauchbar für Versuche	5 /96 /002 /PP6	diffuses Durchschallungsbild, Messung nicht möglich
3 /139 /008 /F2	Bei Präparation zerbrochen, unbrauchbar für Versuche	5 /96 /004 /FM2	Nach Schallmessung bei Einbauvorgang in Prüfgerät zerbrochen
3 /139 /009 /F3	Nach Schallmessung bei Einbauvorgang in Prüfgerät zerbrochen	5 /96 /005 /FM6	diffuses Durchschallungsbild, Messung nicht möglich
3 /139 /010 /F3	Nach Schallmessung bei Einbauvorgang in Prüfgerät zerbrochen	5 /96 /005 /PP3	diffuses Durchschallungsbild, Messung nicht möglich
3 /140 /001 /F3.1	Nach Schallmessung bei Einbauvorgang in Prüfgerät zerbrochen	5 /96 /007 /PP3	diffuses Durchschallungsbild, Messung nicht möglich